

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ЛИНИЙ ЗАДЕРЖКИ В ТОПОЛОГИИ ПЕЧАТНОГО МОНТАЖА

Предложен подход к решению проблемы согласования задержек в линиях передачи сигналов на печатных платах в системе гибкой топологической трассировки

Печатный монтаж, линии задержки, согласование задержек топологическая трассировка, алгоритм автоматического формирования

При проектировании высокоскоростной цифровой электроники приходится решать проблему синхронизации тактируемых сигналов в точках приема. Чтобы получить приемлемую расфазировку недостаточно просто протянуть ко всем точкам сети линии передачи одинаковой длины. Необходимо, чтобы все эти трассы обеспечивали одинаковые задержки сигналов. Отметим, например, что, дорожки на внешних сторонах платы (или микрополосковые дорожки) по сравнению с дорожками на внутренних слоях (или полосковыми дорожками) обладают более высокой скоростью распространения сигнала. Кроме того, необходимо единообразно согласовать линии синхронизации и обеспечить одинаковые оконечные нагрузки. От того, насколько полно будут выполнены эти три требования, зависит точность согласования линий синхронизации.

Для удовлетворения первого требования (обеспечения одинаковых задержек) необходимо иметь средства автоматического создания проводников заданной длины и механизмы синхронизации задержек в сигналах с учетом формы проводников и особенностей среды распространения сигнала.

В современных САПР (Allegro, Expedition) увеличение длины проводников (и, соответственно, задержки) обычно осуществляется добавлением изломов с регулируемой высотой и зазором.

На **Ошибка! Источник ссылки не найден.** и рис. 2 приведены два варианта линий задержки, в которых используется способ увеличения длины проводников. Такие приемы применяются в системе “Allegro”. При этом первый вариант (рис. 1) в терминологии фирмы “Allegro” называется accordion (аккордеон), а второй (рис. 2) – trombone (тромбон).

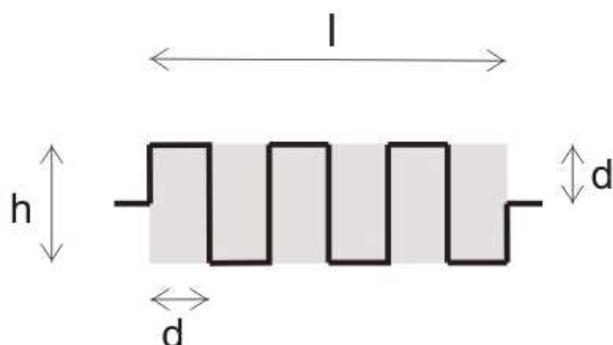


Рис. 1

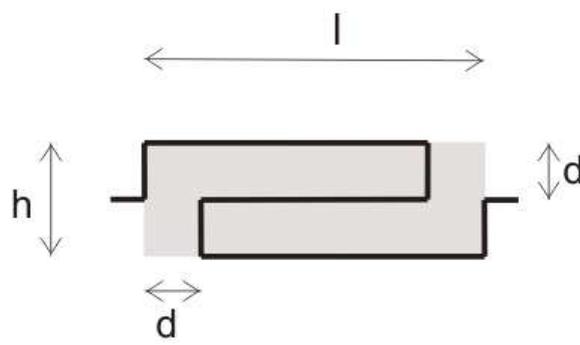


Рис. 2

Уменьшая шаг d между секциями, можно при тех же h и l увеличивать длину L проводника, однако уменьшение d имеет определенные пределы, связанные как с шириной проводника (w), так и с минимальным зазором, при котором не возникает проблем с целостностью сигнала. Обычно d должно быть не меньше $3w$, поэтому получить сколь угодно большую длину на относительно малой площади не удаётся.

Жесткость конфигурация линии задержки и последовательный характер решения задачи синхронизации задержек при таких подходах не позволяет подстраиваться при изменении ситуации (например, автоматически изменить параметры уже сформированных линий задержки при переключке самого длинного проводника в группе более коротким путем или при вынужденном увеличении его длины).

Основными факторами, влияющими на величину задержки в печатном проводнике, являются [1]:

- длина проводника;
- расположение проводника (микрополосковая или полосковая линия);
- конфигурация проводника.

При формировании зигзагообразных линий задержки следует учитывать наличие перекрестных связей между соседними секциями. Перекрестные связи в длинных, связанных друг с другом секциях, приводят к значительным искажениям сигнала [1]. Если секции короткие, то искажения, вызванные перекрестной связью, мало влияют на форму переднего фронта и приводят лишь к уменьшению задержки. Это уменьшение можно компенсировать, добавив новые секции, но при этом увеличивается площадь, занимаемая линией задержки. Ослабить перекрестную связь и даже устранить проблему можно увеличением зазора между секциями, но при этом также увеличивается площадь, занимаемая линией задержки.

Для конструктора было бы удобно, чтобы линии задержки в системе гибкой топологической трассировки сами автоматически поддерживали заданные соотношения между задержками сигналов в линиях передачи, оперативно реагируя на малейшие изменения топологического рисунка платы.

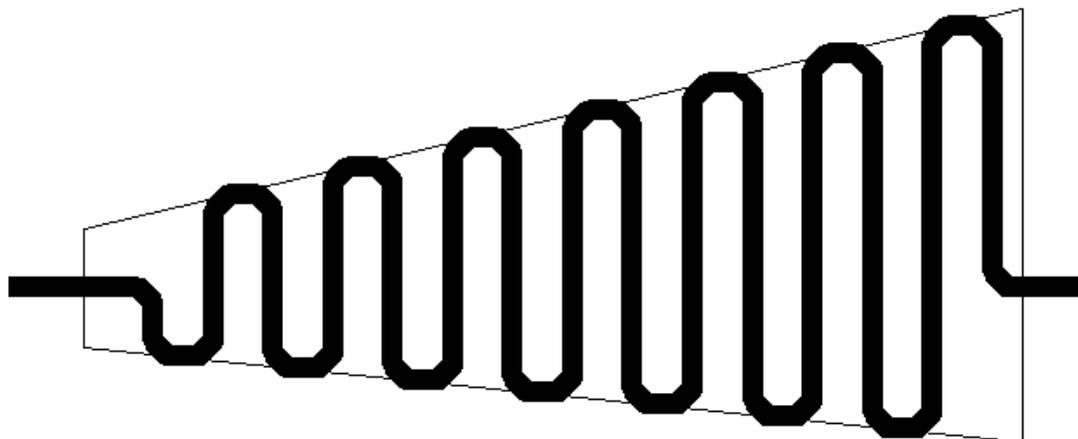


Рис. 3

Для управления величиной задержки сигналов в САПР ТороR введен специальный объект – змейка [2], и ограничивающая ее область – трапеция, задаваемая пользователем.

Змейка представляет собой набор последовательно идущих друг за другом прямолинейных и дугообразных участков проводников (р гибкой топологической трассировки сами автоматически поддерживали заданные соотношения между задержками сигналов в линиях передачи, оперативно реагируя на малейшие изменения топологического рисунка платы.

рис. 3). Дуги могут быть аппроксимированы отрезками прямых.

Высота трапеции, длины оснований и углы наклона боковых сторон трапеции регулируются пользователем. В трапецию вписывается змейка необходимой длины (с заданным зазором между проводниками) в случае наличия достаточного пространства или максимально возможной длины в случае недостаточного пространства. Подробный расчет формы змейки приведен в [2].

При автоматическом формировании змеек используются прямоугольные области, которые расставляются автоматически или вручную и размеры которых автоматически регулируются.

Алгоритм формирования змеек на печатной плате состоит из двух основных этапов:

1. Определить множество сигналов, нуждающихся в увеличении задержки, и рассчитать необходимую добавку к текущей задержке;
2. Для каждого проводника, передающего соответствующий сигнал, осуществить следующие операции:

- слишком короткие сегменты, образующие тупой угол (рис.4.а), объединить в один сегмент, соединяющий начало первого и конец второго сегментов (рис.4.б);

- слишком длинные сегменты подразбить для обеспечения большей свободы при их последующей раздвижке;

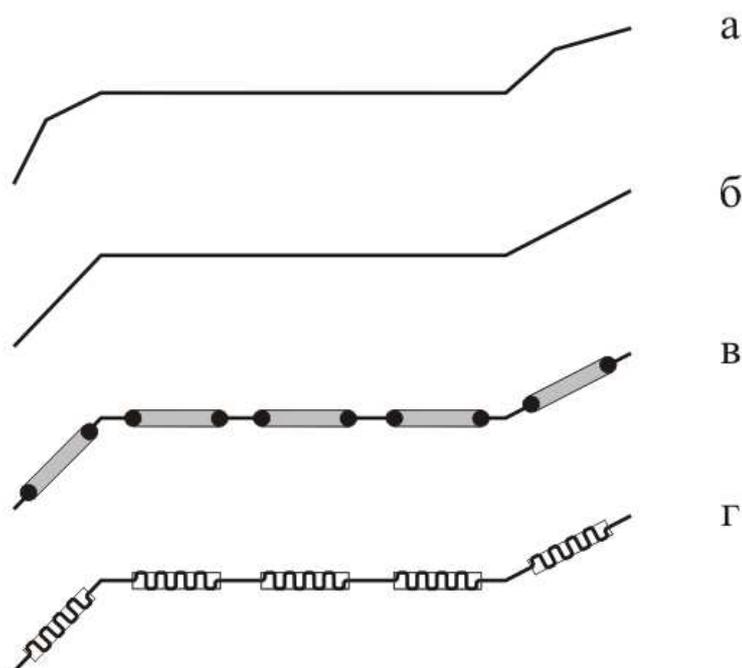


Рис. 4

- на месте полученных сегментов, уменьшенных на некоторую величину, создать прямоугольные области (рис.4.в), ширину которых рассчитать исходя из требуемой добавки задержки;
- осуществить автоматическую раздвижку для ликвидации возможных нарушений зазоров, появившихся в результате увеличения ширины сегментов;
- уменьшить ширину прямоугольных областей в “узких местах” и ликвидировать слишком узкие прямоугольные области (если их ширина составляет меньше, чем 1.5 ширины проводника, то их следует заменить на сегмент проводника);
- скорректировать в сторону увеличения ширину прямоугольных областей в сигналах, на которых были “подрезаны” или удалены прямоугольные области;
- разместить змейки в полученных областях (рис.4.г);
- осуществить автоматическую раздвижку областей змеек.

Описанный алгоритм автоматического создания областей топологических линий задержки, расчета и коррекции их размеров с учетом выполнения конструктивно-технологических нарушений реализован в системе гибкой топологической трассировки “ТороR”. При этом проектировщику предоставляются широкие возможности по оперативному формированию различных линий задержки как в ручном, так и в автоматическом режиме.

При ручном формировании трапеция (первоначально прямоугольник) создается на месте выделенного фрагмента проводника.

Для задания параметров серпантина (змейки) используется окно свойств, вкладка "задержка" (рис. 5). Проектировщик может задать величину зазора между соседними изломами (по умолчанию - две толщины проводника) и значение требуемой

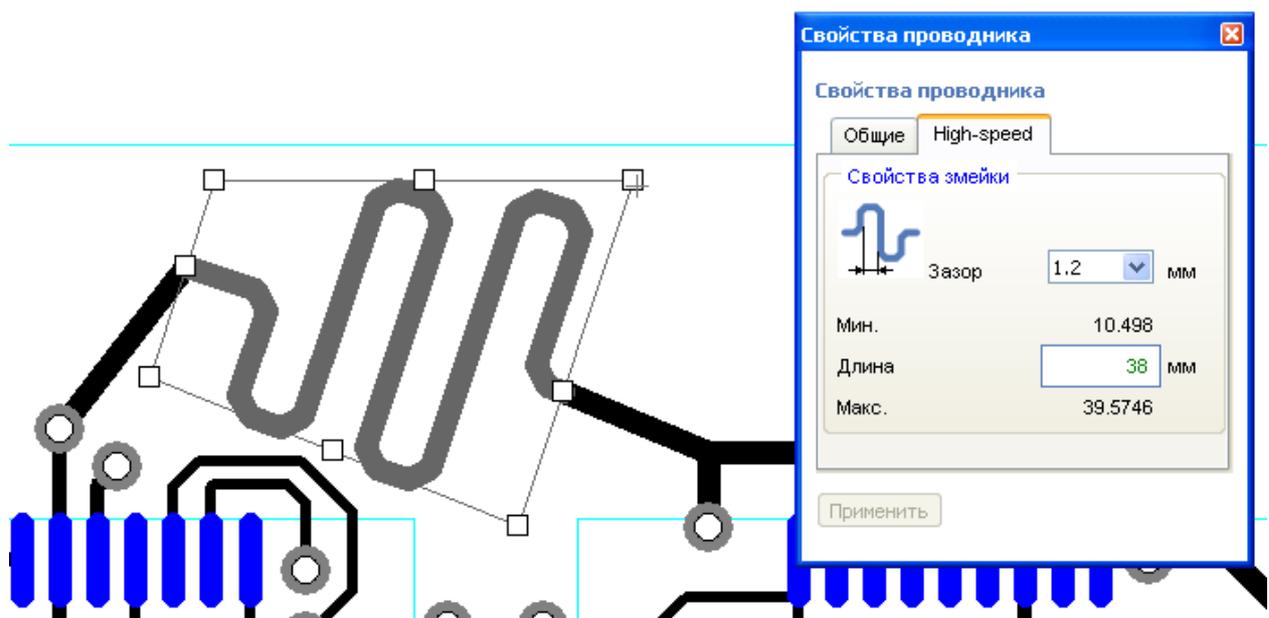


Рис. 5

задержки (длины проводника). При этом в окне свойств показывается диапазон (минимальное и максимальное значения) возможной задержки (длины проводника) в заданной трапеции. Высота трапеции, длина оснований и углы наклона боковых сторон трапеции регулируются перемещением маркеров на сторонах трапеции.

Автоматическое создание змеек на всех предварительно выбранных проводниках (рис.6), нуждающихся в выравнивании, осуществляется с помощью использования команды "Создать змейки".

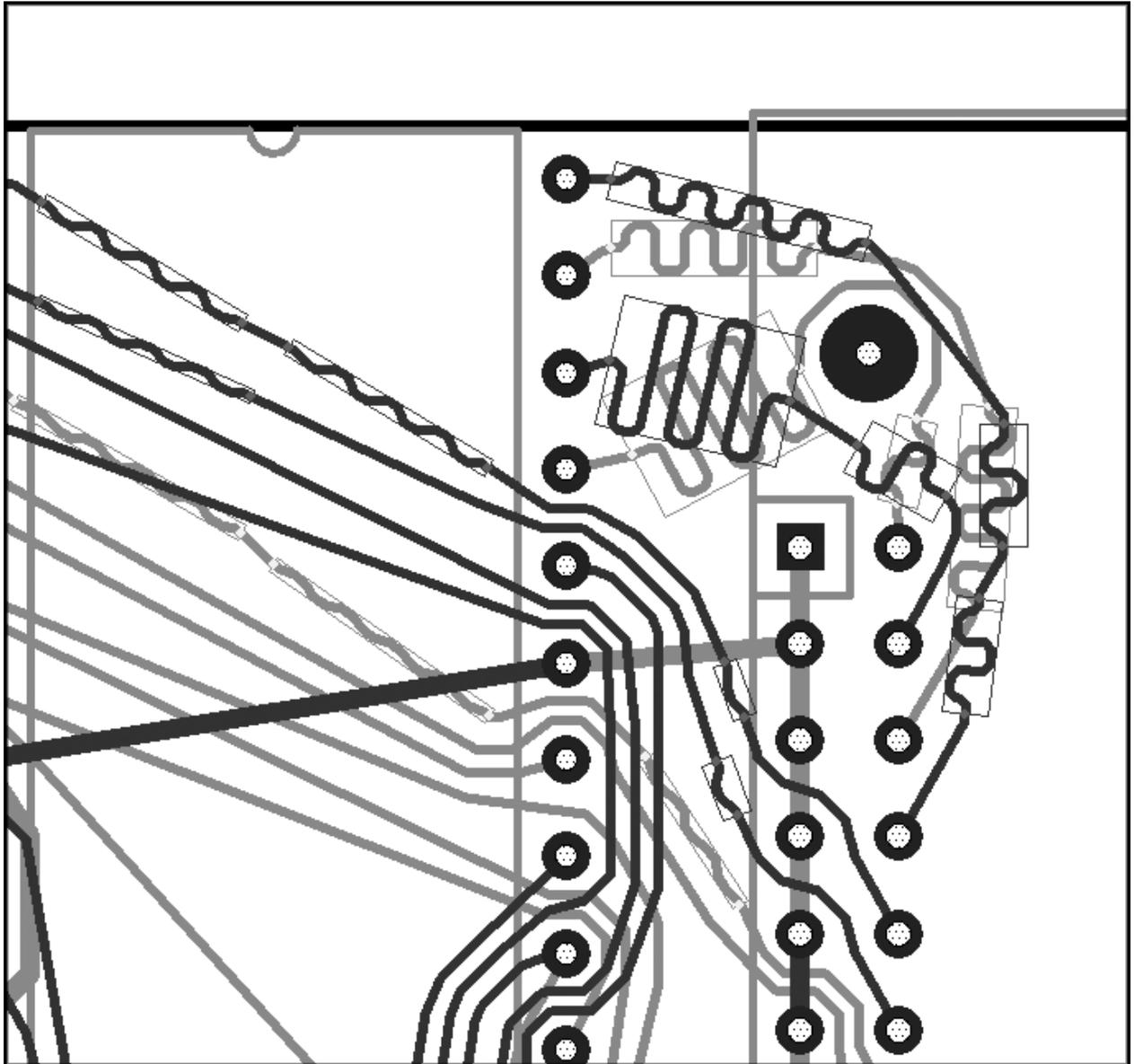


Рис. 6

В отличие от аналогов (например, САПР Expedition фирмы Mentor Graphics, США), разработанные методы, алгоритмы и программные средства обеспечивают эффективную синхронизацию заданных задержек сигналов, большее удобство и простоту при работе

проектировщика, а также лучшее качество получаемых решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джонсон Г., Грэхем М. Высокоскоростная передача цифровых данных: высший курс черной магии. // М.: Изд. дом "Вильямс", 2005. – 1024с.
2. Лысенко А.А., Полубасов О.Б. "Обеспечение заданной длины проводников в САПР TopoR" // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2009. – №4. – С.3-21.

A.A. Lysenko, Y.T. Lyachek, O.B. Polubasov

AUTOMATIC CREATION OF DELAY LINES IN THE TOPOLOGY OF PCB

An approach to the problem of matching the delay in signal transmission lines on printed circuit boards in a system of flexible topological trace.

PCB, delay lines, delay matching, topological routing, the algorithm will automatically generate